VI — *Essai sur la constitution atomique de la matière,*

Par L'ABBÉ T.-E. HAMEL, professeur à l'université Laval.

(Présenté le 21 mai 1884.)

L'expérience la plus grossière montre que le monde matériel est composé d'un grand nombre de corps placés à distance et se déplaçant les uns par rapport aux autres. L'expérience montre encore que les corps qui paraissent continus, comme les solides, les liquides et les gaz, sont cependant séparables en portions plus ou moins ténues et que l'on peut isoler. Il semble tout naturel d'admettre que ces portions isolables sont, même dans les solides, réellement isolées et séparées les unes des autres, et qu'elles y sont simplement juxtaposées. Autant que l'expérience peut le constater, une foule de faits démontrent en outre que ces parcelles qui constituent les solides (j'en dis autant, à plus forte raison, des liquides et des gaz) ne sont pas en contact immédiat, mais qu'au contraire elles sont distantes les unes des autres, pouvant exécuter des mouvements relativement considérables sans toucher leurs voisines.

On s'est demandé naturellement s'il était possible de déterminer jusqu'où pouvait aller la divisibilité de la matière. — Le fait est qu'on est parvenu à opérer cette divisibilité physiquement au point de dépasser tout ce que les sens sont capables d'apprécier. — Mais ce qui échappe aux sens, l'imagination peut encore le poursuivre en s'appuyant sur le raisonnement. On s'est donc demandé si la matière est divisible à l'infini, ou si la divisibilité des corps matériels a une limite.

Or la divisibilité infinie est un non sens, puisqu'elle supposerait dans un corps limité un nombre actuel infini de parties existantes, ce qui est métaphysiquement impossible et absurde. Reste donc la divisibilité limitée. Mais quelle est la nature de celle-ci ? — La constance des propriétés des corps appelés *corps simples*, qui se retrouvent toujours rigoureusement identiques, quelles que soient les combinaisons préalables par lesquelles on les a fait passer, et surtout les propriétés cristallines des corps que l'on peut obtenir à l'état de pureté, ont conduit les physiciens et les chimistes à une espèce d'unité, appelée *molécule*, spéciale à chaque espèce de corps, et que l'on a coutume de définir : " ce dont on ne peut rien retrancher sans changer la nature intime du corps." Cette définition de la molécule comprend aussi bien la dernière parcelle séparable des corps *composés* que celle des corps *simples* de la chimie. D'après cette définition, il y a donc des molécules complexes qui sont susceptibles d'être réduites à des molécules plus simples, mais qui ne sont plus semblables aux premières : par exemple, la molécule d'eau est réductible en deux ou plusieurs molécules d'oxygène et d'hydrogène. — Toutefois, dans ce courant d'idées, il y a des molécules qui ne sont pas réductibles en plus simples qu'elles, au moins à l'aide des forces dont la science actuelle peut disposer : ce sont les molécules des *corps simples*. D'après cette conception, les corps simples de la chimie se distingueraient les uns des autres

uniquement par la nature de leurs molécules, qui seraient différentes d'un corps à l'autre, mais seraient fixes pour chaque corps.

Cette fixité des molécules des corps simples a été regardée d'abord par les chimistes comme une condition nécessaire de la stabilité de ces corps dans leurs propriétés physiques et chimiques. Elle avait en outre l'avantage de rendre facilement compte de la fixité des équivalents chimiques, ainsi que de la loi des proportions multiples. Aussi, pendant longtemps, a-t-on regardé les molécules des corps simples comme étant absolument fixes, invariables de forme, insécables, c'est-à-dire non divisibles ultérieurement, bien qu'elles eussent, chacune dans son espèce, un volume étendu et de forme déterminée. On les a appelés *atomes*, c'est-à-dire non divisibles. — Mais si, à première vue, on rendait compte ainsi et de la fixité des espèces chimiques, et des principales lois fondamentales de la chimie, on s'est, dans la suite, bientôt trouvé en face de difficultés que cette théorie n'expliquait pas, et même avec lesquelles elle se trouvait en contradiction. Pour n'en citer qu'un exemple : d'après la loi d'Avogrado, des volumes égaux de gaz ou de vapeurs contiennent des nombres égaux de molécules, soit simples, soit composées. Or on sait qu'un volume de chlore et un volume d'hydrogène se combinent en formant deux volumes d'acide chlorhydrique, ou, ce qui revient au même, *une* molécule de chlore et *une* molécule d'hydrogène forment *deux* molécules d'acide chlorhydrique ; donc chaque molécule d'acide chlorhydrique se compose d'une *demi-molécule* de chlore et d'une *demi-molécule* d'hydrogène. Les exemples analogues sont nombreux. — Il résulte de là que les molécules, si la loi des volumes d'Avogrado est vraie, ne peuvent pas être invariables : elles peuvent au moins se scinder en deux. Ce fait s'est tellement imposé à Avogrado lui-même qu'il a dû imaginer l'hypothèse des molécules *intégrantes* et des molécules *élémentaires*, les premières étant composées d'un certain nombre des secondes, et la loi des volumes d'Avogrado s'appliquant seulement aux molécules intégrantes.

Si cette difficulté était la seule, l'ingénieuse hypothèse des molécules intégrantes serait une explication plausible et strictement suffisante ; mais il y en a bien d'autres. Comment expliquer la parfaite homogénéité des combinaisons chimiques, en même temps que l'absolue différence de propriétés qui existe entre les composés et le composant d'une part ; et d'autre part la différence radicale entre la combinaison de deux corps et le simple mélange de ces deux corps ? Par exemple, si l'on mélange un volume d'oxygène avec deux volumes d'hydrogène, on peut les laisser ainsi mélangés indéfiniment sans jamais constater aucune des propriétés spéciales de l'eau ; c'est un simple mélange. Mais si l'on met le feu à ce mélange, ne serait-ce que par une étincelle, la *combinaison* a lieu, les propriétés de l'eau sont caractéristiques, et l'on ne trouve plus aucune des propriétés spéciales de l'oxygène ou de l'hydrogène : au lieu d'un mélange, on a un corps parfaitement homogène qui ne trahit en aucune façon la présence de l'un ou de l'autre de ses composants ; si bien que l'on peut dire que, dans l'eau, il n'y a plus ni oxygène ni hydrogène. Or, si les molécules élémentaires d'Avogrado sont de petits *solides* invariables, leur simple juxtaposition plus ou moins intime suffit-elle pour expliquer l'énorme différence entre le mélange et la combinaison ?

Mais ce n'est pas tout. Outre certains effets de contraction observés dans quelques composés (potassium et oxygène, v. g.), et inexplicables dans la théorie des molécules élémentaires solides et invariables, comment expliquer, dans cette même théorie, les *effets de présence* ou de *contact* (pour lesquels on a imaginé *la force catalytique*) ; la polarisa-

tion des liquides et des solides ; la production de l'électricité dans les piles ; les modifications produites dans les corps par la lumière, la chaleur, l'électricité, le magnétisme ? N'a-t-on pas été obligé, pour essayer d'expliquer ces phénomènes et bien d'autres, d'avoir recours à toutes sortes d'atmosphères autour des molécules, et d'en faire le siège de ces manifestations ? Il fallait bien mettre ce siège quelque part, et évidemment on ne pouvait le mettre dans les molécules elles-mêmes. Il en résultait donc ce singulier état de choses, savoir : que la molécule, cet élément regardé comme fondamental, se trouvait réduite au rôle de noyau neutre, inutile, inerte, *hors d'atteinte* dans le sein de l'atmosphère qui l'entourait et qui était tout !

Aussi plusieurs physiciens, ne comprenant pas la nécessité d'un noyau insaisissable, inabordable, inerte et inutile, ont-ils cru pouvoir en nier l'existence et ne voir dans les corps matériels que des *centres de forces* sans *substratum* matériel. Ces centres de forces, qui n'étaient que des êtres de raison, étaient-ils plus intelligibles que ce qu'ils étaient destinés à remplacer ? Il est permis de croire que les auteurs de cette nouvelle théorie auraient été bien en peine de s'expliquer là-dessus.

Il en est de même de l'explication moderne des lois dites de l'*attraction universelle* ou lois de Newton. L'illustre géomètre anglais disait qu'il était trop philosophe pour croire que les corps matériels pussent agir les uns sur les autres à distance ; aussi exprimait-il son admirable loi en disant que les choses se passaient *comme si* les corps s'attiraient en raison directe des masses et en raison inverse du carré des distances. En attendant qu'on eût trouvé une explication qui satisfît mieux sa philosophie, Newton appliqua le calcul à sa loi en supposant (simplement pour faciliter le calcul) ce que sa philosophie l'empêchait d'admettre comme une réalité. Il en est résulté une explication tellement simple et une si grande facilité de calcul, que l'on n'a pu depuis trouver d'expression plus simple non seulement pour l'attraction universelle et les calculs de l'astronomie mathématique, mais pour l'application du calcul à toutes les autres forces de la mécanique ; c'est-à-dire, que, pour se rendre compte d'une *force* quelconque, il faut essentiellement la regarder comme *émanant d'un corps* et *s'exerçant sur un autre*. Il résulte encore de là cet autre fait étrange que tous les calculs de la mécanique céleste et usuelle, qui se vérifient d'une manière si admirable et conduisent à des résultats dont l'exactitude exclut la possibilité de tout doute, se trouveraient fondés sur une pure hypothèse qui manquerait elle-même de tout fondement, et qui serait soi-disant philosophiquement fausse !

Quoi qu'il en soit de l'étrangeté de cette assertion, qu'est-ce donc qu'ont imaginé les modernes pour expliquer *philosophiquement* les lois de Newton et remplacer l'attraction universelle ? Pour éviter l'attraction à distance, ils ont imaginé d'attribuer à la pression de l'éther l'effet que l'on attribuait à l'attraction. Dans cette hypothèse les corps ne s'attirent pas, mais ils sont poussés les uns vers les autres. Fort bien ! il n'y a à cela qu'un léger inconvénient, c'est qu'on tombe de Charybde en Scylla. En effet, on suppose que l'éther est un *fluide* parfaitement élastique et dont les éléments constituants sont infiniment plus subtils que les molécules les plus petites des corps gazeux. Mais alors de deux choses l'une : ou les éléments constitutifs de l'éther se touchent, où ils sont à distance. — S'ils se touchent, comment peuvent-ils vibrer et surtout être animés de ces énormes vitesses qu'on est obligé de leur supposer pour produire les effets attribués à l'attraction universelle ? — Et s'ils ne se touchent pas, en quoi consistera leur élasticité pour qu'ils puissent par le choc entrer en vibration et changer la direction de leurs mou-

vements ? Faut-il, eux aussi, les supposer enveloppés d'atmosphères distinctes d'eux-mêmes, ou bien finir par admettre entre eux une action à distance ? D'ailleurs ces éléments constitutifs de l'éther ne peuvent pas être en nombre infini ; ils sont donc limités en nombre et par là même limités dans l'espace qu'occupe leur totalité. S'ils ne s'attirent pas, comme ils éprouvent chacun une résistance du côté de l'intérieur de leur ensemble, et qu'ils n'en éprouvent pas ou n'en éprouvent qu'une moins grande du côté de l'extérieur, comment expliquer qu'ils ne se dispersent pas et qu'ils puissent exercer une pression toujours exactement la même sur les corps qui y sont plongés ? Comme on le voit, il y a place encore pour d'autres théories plus heureuses dans leurs explications que celles qui précèdent.

Celle que je veux exposer ici n'est pas nouvelle ; mais peut-être n'a-t-elle pas été développée jusqu'ici dans l'ensemble de ses conséquences. Je vais essayer de le faire. Cette théorie, en la prenant en elle-même, et sans tenir compte de l'histoire de ses progrès successifs dans l'esprit de ceux qui s'en sont occupés, peut être considérée comme une conclusion déduite de l'application du calcul à tous les problèmes de mécanique ; et elle se prête admirablement à l'explication de tous les phénomènes : car ceux-ci n'en sont, pour ainsi dire, que les conséquences naturelles. Or c'est bien là la meilleure épreuve de toute théorie scientifique.

La mécanique est l'étude du mouvement des corps sous l'action des forces. On commence cette étude par celle du mouvement en lui-même, indépendamment de ses causes. Cette étude du mouvement (désignée sous le nom de *cinématique*) n'implique aucune théorie hypothétique et est absolument certaine. Puis, sous le nom de forces, on étudie tout ce qui peut produire ou modifier le mouvement des corps. Or, sans rien préjuger sur la nature intime de la force, et simplement pour la définir au point de vue de son introduction dans le calcul, on est conduit à considérer, dans chaque force, sa direction, son intensité et son point d'application. Ce *point d'application* d'une force est aussi nécessaire à le détermination de celle-ci que l'intensité ou la direction de la force, si bien que, sans ce point, il est impossible d'appliquer le calcul à une force pour en tirer quelques conclusions.

Aussi, pour procéder du simple au composé, est-on obligé de commencer par étudier le mouvement produit par une force, lorsque celle-ci est appliquée, non pas à un corps étendu, mais à un simple POINT MATÉRIEL (sans étendue), afin qu'il n'y ait pas d'ambiguïté ni d'hésitation sur la localisation précise du point d'application de la force. Cette conception des physiciens s'est imposée à eux par la nécessité du calcul, car alors tout est net et précis : étant donnée une expression de la force, on détermine rigoureusement la nature de la trajectoire (unique) suivie par le *point* matériel, et la loi du mouvement de ce point matériel sur sa trajectoire ; réciproquement, étant donnée la nature de la trajectoire et la loi du mouvement, on détermine rigoureusement l'expression mathématique de la force. Pour passer de là à l'étude du mouvement d'un corps, on *suppose* d'abord *deux* points matériels, puis *trois* déterminant les sommets d'un triangle, puis *quatre* déterminant les sommets d'une pyramide, puis un nombre quelconque de points matériels toujours reliés entre eux d'une manière fixe et formant ce qu'on appelle un *solide invariable*. Pour déterminer le mouvement généralement complexe de ce solide, on étudie d'abord son

mouvement d'ensemble ou le mouvement de son centre de gravité : c'est ce qui conduit aux lois de la composition des forces. Puis on étudie les déplacements des différents points qui composent le solide invariable par rapport au centre de gravité. — On passe enfin de là au mouvement beaucoup plus compliqué des ensembles de points reliés par certaines lois qui ne les astreignent pas à garder entre eux des distances fixes.

Ainsi, de proche en proche, on arrive à pouvoir appliquer le calcul aux mouvements des différents corps naturels en les *supposant* composés de *points* matériels reliés entre eux d'après les lois que fait connaître l'expérience. — Mais, dans tous les cas, la base fondamentale de l'application du calcul aux problèmes les plus compliqués comme aux plus simples de la mécanique, c'est de les réduire, par la pensée, à un ensemble de points matériels reliés entre eux par certaines lois. Alors tout est clair, et, chose merveilleuse, non seulement on calcule ainsi aisément les cas usuels, mais on prévoit des faits nouveaux toujours confirmés par l'expérience, du moment qu'on part de données certaines ! Bien plus, vouloir agir autrement, c'est errer au hasard et se mettre dans l'impossibilité d'arriver à un résultat certain.

Quand on songe que Dieu a tout fait avec *nombre, poids et mesure*, est-il bien sage de croire que *la seule* manière d'appliquer le calcul aux lois de l'univers physique soit fondée sur une pure abstraction de l'esprit, sans réalité existante, et ait un fondement philosophiquement faux ? — C'est ce que je me permets de ne pas croire. — Quand d'ailleurs on réfléchit que l'expérience, à mesure que l'on étudie davantage les sciences physiques et chimiques, tend à prouver que les *molécules* elles-mêmes des corps simples ne sont pas invariables dans leurs formes et se comportent comme de véritables *corps composés*, il me paraît absolument raisonnable de regarder comme une réalité l'hypothèse qui sert de base à la mécanique.

Dans cette conception, les molécules élémentaires des corps simples seraient donc composés de *points matériels*, véritables substances n'ayant point d'étendue réelle et se localisant par conséquent tout entières chacune dans *un point mathématique*, mais ayant une étendue *virtuelle* s'étendant, pour chaque point matériel, *à tout l'univers*. Je m'explique.

Les métaphysiciens de l'école de saint Thomas d'Aquin ont une admirable manière d'exprimer la nature des êtres matériels : ils disent qu'ils sont, en dernière analyse, composés de *matière première* et de *forme substantielle*. Si nous empruntons cette manière de voir, qui rend le discours beaucoup plus clair, nous pourrons dire que, dans les *points matériels* tels qu'ils sont ici supposés, la *matière première*, c'est ce qui fait que ces points sont *quelque chose* et non pas des *riens* comme les points mathématiques qui ne sont que des positions. Nos points matériels sont donc des êtres ayant une existence réelle et *individuelle*. Maintenant il est impossible d'admettre que ces points matériels soient absolument *inertes*, si l'on veut expliquer les phénomènes de la nature : il faut au contraire admettre qu'ils sont à la fois *actifs* et *passifs*, c'est-à-dire qu'ils *peuvent agir* sur les autres points matériels de même nature, et *en recevoir* une action. Or la *forme substantielle* de ces points matériels serait précisément l'ensemble des propriétés actives et passives qui font que chaque point matériel est sensible à *tout le reste* de l'univers, et réciproquement en reçoit une action, propriétés dont la loi de l'attraction universelle dite de Newton serait *une* des manifestations. A ces points matériels seuls appartiendrait proprement et absolument *l'impénétrabilité physique*, c'est-à-dire la propriété d'exclure tout autre point matériel de la place qu'occupe actuellement sa propre substance.

Cette impénétrabilité ne serait pas non plus un simple effet d'inertie passive, mais serait le résultat de cette espèce d'activité par laquelle chaque point matériel a la propriété de *repousser* tout autre point matériel tendant à venir occuper la position déjà occupée par le premier. Cette impénétrabilité vraiment active serait une *seconde* manfestation de la forme substantielle et pourrait en même temps rendre compte de l'*élasticité* des points matériels, et par suite expliquer la possibilité du mouvement vibratoire calorifique, lumineux et électrique.

Les points matériels ainsi considérés peuvent expliquer, bien mieux que tout autre système connu, les phénomènes naturels. Essayons de le faire voir en admettant provisoirement leur réalité, et tirons les conséquences qui résultent de leur constitution supposée, c'est-à-dire, 1° de leur *attraction* mutuelle (vraie attraction inhérente à leur nature) s'exerçant en raison directe de leur nombre et en raison inverse du carré de leur distance réciproque ; et 2° de l'espèce de répulsion mutuelle résultant de leur impénétrabilité *active*.

Ces points matériels, vrais atomes dans toute la force du terme, et que, pour cette raison, j'appellerai désormais *atomes* pour abréger, peuvent être *désagrégés*, c'est-à-dire isolés les uns des autres, ou *réunis en groupes* plus ou moins nombreux.

Les atomes désagrégés, soumis à leur attraction et à leur impénétrabilité mutuelles, constitueront un milieu éminemment élastique et le plus subtil qui se puisse imaginer, satisfaisant, par conséquent, à toutes les conditions que les physiciens désirent trouver et sont obligés de supposer dans le fluide universel communément désigné sous le nom d'*éther*, siège des phénomènes lumineux et calorifiques.

Si l'on suppose maintenant un certain nombre de ces atomes amenés une première fois en présence à des distances assez petites pour que chacun d'eux ne puisse se soustraire à l'action attractive prépondérante de l'ensemble des autres, on se trouvera en face d'un groupe plus ou moins stable, mais qui ne pourra plus se désagréger *seul*, et qui nécessitera pour cela une *force étrangère* à lui-même. Ce sera une *molécule*.

Mais quelle sera la constitution de cette molécule ? elle dépendra évidemment des conditions initiales qui auront présidé à sa formation. La molécule sera plus ou moins *dense*, indépendamment du nombre de ses atomes composants, suivant les directions des mouvements et les grandeurs des vitesses qui auront amené en présence les atomes du groupe. Quelles que soient cependant ces vitesses, jamais les atomes d'une molécule ne pourront être amenés au contact absolu, c'est-à-dire à une *distance nulle*, à cause de leur impénétrabilité *active*. Ils resteront donc à distance les uns des autres et formeront comme une espèce de constellation sans liens apparents, mais cependant assez *solide* pour exiger un effort, une *force* pour la briser. Dans cette constellation, les atomes ne seront pas immobiles : ils ne pourront même pas l'être. En effet, sous la double influence de l'attraction du groupe sur chacun d'eux et de leur impénétrabilité active, ou, si l'on veut, de leur élasticité répulsive mutuelle, le mouvement de translation qui les aura amenés en présence se trouvera transformé en mouvement vibratoire rectiligne ou ratotoire, suivant la direction primitive du mouvement primitif de chacun d'eux par rapport à l'ensemble des autres du groupe ; car dans cette tranformation du mouvement devra se vérifier la loi si admirable de la conservation de l'énergie. — Dans la molécule ainsi formée, la disposition des atomes ne sera pas quelconque : elle résultera de la combinaison des deux forces en présence et des conditions initiales de mouvement qui auront donné lieu à la formation de la molécule. Cette disposition pourrait être rigoureusement calculée d'avance, étant données les circons-

tances initiales du problème. On peut dire *à priori* qu'elle sera telle, que chaque atome constituant se placera de manière à satisfaire le mieux possible à l'ensemble des actions auxquelles il se trouvera soumis. Les formes extérieures des molécules seront donc en général des formes polyédriques aussi régulières que le comportera le nombre des atomes composants ; et les sommets de ces polyèdres seront déterminés par le lieu moyen d'autant d'atomes vibrants.

Les molécules ainsi constituées ne seront pas également *stables*, c'est-à-dire qu'elles exigeront *plus* ou *moins* de force extérieure pour être brisées. Cette différence de stabilité dépendra du mode de vibration interne de chaque groupe et surtout du nombre d'atomes composants. Pour un mode analogue de vibration interne, il est facile de prévoir que, en général, plus la molécule sera simple, plus elle sera stable ou fixe, c'est-à-dire plus il faudra de force extérieure pour la briser. La forme la plus stable sera celle dans laquelle les affinités mutuelles seront le plus identiquement satisfaites pour chaque atome du groupe ; or cela aura lieu lorsque tous les atomes composants seront maintenus à des distances égales les uns des autres. Cette condition est réalisée dans le cas de quatre atomes occupant les sommets d'un tétraèdre régulier ; comme c'est en même temps le groupement le plus simple, puisqu'il est impossible de déterminer un solide avec moins de quatre points, on peut affirmer d'avance que ce groupement forme la molécule à la fois la plus petite et la plus stable.

Partant de là, en s'aidant de la géométrie, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des calculs compliqués, on peut se rendre compte assez aisément des chances plus ou moins grandes de stabilité que présenteront des groupes successifs de 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11... n atomes. Evidemment plus les nombres d'atomes composant les groupes sont considérables, plus les calculs se compliquent, mais il suffit de voir que ces calculs sont possibles, si ce n'est dans l'état actuel de la science, au moins *in se*. Heureusement l'étude des nombres les plus simples suffit pour donner une idée de la loi générale. Ainsi il est aisé de voir que certains groupes plus nombreux seront cependant plus stables que d'autres qui le sont moins, bien qu'en général la plus grande stabilité doive appartenir aux groupes les plus simples. On peut même comprendre que certains nombres ne pourront pas faire de groupes réguliers stables, et que si de tels groupes se sont formés, la moindre force extérieure a dû les briser. De là nous pouvons déjà conclure que, vu les forces en jeu dans la nature depuis l'origine du monde, il n'y a plus maintenant que les groupements se prêtant aux combinaisons les plus stables qui aient pu persister.

Supposons donc qu'il fût possible, non seulement d'isoler, mais de voir toutes les molécules différentes qui existent actuellement dans la nature, et de les ranger par ordre croissant de nombre d'atomes constituants ; que constaterions-nous ? — D'abord nous trouverions que la série n'est pas complète et qu'il y a des vides : ces vides correspondraient aux groupements très peu stables dont nous avons parlé, et qui n'ont pas pu subsister, si tant est qu'ils se soient formés. Puis, en suivant la série croissante, nous trouverions des groupes (a) dont le nombre d'atomes serait exactement ou le multiple de quelque autre groupe précédent, ou la somme de deux ou plusieurs groupes plus simples dans la série ; tandis que certains autres groupes (b) ne jouiraient pas de cette propriété, et joueraient, parmi les molécules, un rôle qu'on pourrait comparer à celui des *nombres premiers* en arithmétique. Il est clair que les groupes (a), sous l'influence de forces convenablement choisies, pourront

se dédoubler exactement dans les groupes plus simples dont ils sont les sommes, et qui sont compris dans les groupes (*b*), ce que ne pourront pas faire ces derniers. Inversement, à l'aide de forces suffisantes, on pourra, en combinant ensemble les groupes plus simples (*b*), arriver à former les groupes plus compliqués qui en sont les sommes (*a*). Nous voilà donc en présence de deux espèces de molécules correspondant exactement à ce que les chimistes appellent les corps *composés* et les corps *simples*.

Mais voici où se montre la supériorité de la théorie présente. Les molécules composées (*a*) sont aussi homogènes en elles-mêmes que les molécules plus simples (*b*). Ce que l'on appelle *combinaison* se distingue nettement et complètement du simple mélange : ce n'est pas une juxtaposition plus intime ou plus régulière que dans le mélange ; c'est une transformation complète. Dans la molécule composée résultant de la combinaison de deux ou trois molécules plus simples, il n'y a plus aucune trace de ces dernières : la somme de leurs atomes se trouve bien dans la molécule résultante ; mais cette somme d'atomes a pris son arrangement spécial conformément aux actions mutuelles de ces atomes, sans qu'il reste rien qui puisse rappeler la forme des groupements précédents. Bien plus, si après avoir fait une molécule composée par la combinaison de deux molécules plus simples, on vient ensuite à redécomposer la première, il pourra fort bien arriver (et même il est naturel de supposer qu'il arrive généralement) que les deux molécules plus simples résultant de la décomposition, ne seront pas composées des mêmes atomes que la première fois. Cela n'empêcherait pas les deux molécules simples d'être identiques à ce qu'elles étaient auparavant, puisque leur identité, ou plutôt l'identité de leurs propriétés ne vient pas de l'identité matérielle des atomes composants, mais uniquement du *nombre* et du *mode de groupement* de ceux-ci. On explique ainsi parfaitement la différence radicale qui existe entre la *combinaison chimique* et le *simple mélange ;* on explique en même temps la différence si grande de propriété entre le *composé* et les *composants*. Enfin on comprend comment il se fait que le composé, tant qu'il reste tel, ne manifeste aucune trace de composition, et est aussi homogène que s'il était corps simple.

Comme on le voit, dans cette théorie, les différentes espèces de corps simples ne diffèrent que par la forme de leurs molécules, et celle-ci dépend du nombre d'atomes qui les compose et de leur mode de vibration interne. Tous les atomes sont identiques, tant ceux qui composent l'éther que ceux qui constituent les corps pondérables. Cette identité de nature de tous les corps est conforme à ce que l'expérience nous apprend sur l'identité des effets produits sur tous les corps par l'attraction, la chaleur, la lumière, l'électricité, les forces diverses. La *masse*, qu'il est impossible de définir physiquement lorsqu'on n'admet pas l'identité ultime de nature des différentes espèces de corps, et que le bon sens cependant oblige constamment de dire proportionnelle à la *quantité de matière*, la *masse*, dis-je, se trouve nettement définie conformément au sens commun et à la croyance populaire : c'est le *nombre des atomes* qui se trouvent dans un corps ; la masse croît proportionnellement à ce nombre d'atomes. Les molécules conservent leur sens et leur signification avec leurs propriétés caractéristiques telles que les exigent les lois de la chimie et de la cristallographie ; ayant, par conséquent, tous les avantages que l'on croyait trouver dans les molécules, *solides invariables* de l'ancienne chimie, sans en avoir les inconvénients ; rendant bien mieux compte et des équivalents chimiques et des proportions multiples. De plus, ces molécules n'étant pas invariables, peuvent se scinder sans qu'il y ait là rien d'extraordinaire ; et, pour se rendre compte de la loi des volumes d'Avogrado, il n'est

plus nécessaire de recourir à la superfétation des molécules *intégrantes* et des molécules *élémentaires*. La loi n'en est que plus simple, plus belle et plus complète.

Les molécules ainsi entendues sont des corps *comme les autres*. Les atomes qui les constituent sont maintenus en équilibre sous l'influence des forces diverses qui agissent sur eux. Toute force extérieure, dans le rayon d'action de laquelle une molécule peut se trouver, modifie la forme de cette molécule en obligeant les atomes qui la composent à prendre de nouvelles positions d'équilibre. — Or quelles sont les forces connues qui peuvent agir sur les molécules, et dont nous pouvons disposer ? Ce sont les mouvements vibratoires connus sous les noms de chaleur, lumière, électricité ; les chocs, c'est-à-dire les mouvements rapides des corps que l'on approche brusquement les uns des autres ; surtout les attractions qu'exercent les uns sur les autres les corps que l'on met en contact plus ou moins immédiat. — Le mode d'action des premières forces que nous venons d'indiquer soulève bien des problèmes que l'expérience n'a pas encore résolus ; la dernière, bien que plus mystérieuse à première vue, est cependant plus accessible aux prévisions du calcul. Du moment qu'il est admis que les atomes, tout en se localisant dans un point rigoureusement sans étendue réelle, ont cependant une étendue virtuelle s'étendant à tout l'univers, c'est-à-dire ont la propriété de faire sentir leur action à *tous* les atomes de même nature, sauf la modification d'intensité produite par la distance, il devient facile de prévoir ce qui arrivera pour les groupements que nous avons désignés sous le nom de *molécules*, lorsqu'on les mettra en présence. Bien que chacun des atomes qui les composent soit enchaîné de manière à ne pouvoir (sans l'intervention de forces extérieures) se soustraire à l'action prépondérante des autres atomes du groupe, toutefois son action par rapport aux atomes qui se trouvent en dehors du groupe auquel il appartient, n'est pas détruite. Cette action s'ajoute à l'action semblable des autres atomes du groupe, de sorte qu'une molécule exerce sur un atome extérieur une action proportionnelle au nombre d'atomes qui la compose. C'est la loi de proportionalité aux masses de Newton.

Si deux molécules se trouvent en présence, chacune d'elles agira sur l'autre de la même manière, de sorte que leur action mutuelle sera essentiellement en raison *composée* de leurs masses. Si ces molécules sont éloignées l'une de l'autre à une distance relativement grande par rapport à leurs volumes respectifs, les actions de chacun des atomes d'une molécule sur chacun des atomes de l'autre seront sensiblement égales et parallèles ; il en résultera un mouvement d'ensemble, un mouvement de translation des deux molécules l'une par rapport à l'autre, mais sans modification de leurs formes respectives. Si la distance diminue, il arrivera un moment où la différence entre la distance des atomes les plus rapprochés (entre les deux molécules) et la distance entre les atomes les plus éloignés, sera assez grande pour constituer, par rapport à chacune d'elles, une force extérieure qui modifiera nécessairement les positions d'équilibre des atomes qui la composent. La forme de chaque molécule se modifiera donc de plus en plus profondément à mesure que celles-ci se rapprocheront davantage ; et l'on conçoit qu'il puisse arriver une époque où l'attraction mutuelle sera assez grande pour qu'elles se brisent et s'unissent en tout ou en partie en un même groupe, qui ne ressemblera plus aux précédents. Ce sera une combinaison qui aura produit une nouvelle molécule.

Si l'on suppose une série de molécules semblables entre elles : par exemple, un liquide pur ; l'expérience montre que, si le liquide est parfaitement homogène, les molécules qui le composent se conduisent, les unes par rapport aux autres, sensiblement comme si elles

étaient sphériques, c'est-à-dire qu'elles ne manifestent aucune polarité spéciale. Or il est clair que toute modification dans la forme d'une molécule (quelle qu'en soit la cause) devient, pour d'autres molécules qui l'avoisinent, une force extérieure qui tend à les modifier elles-mêmes comme la première. Donc, si l'on plonge dans un liquide homogène un corps étranger qui, par son attraction, modifie la forme des molécules avec lesquelles il est en contact, celles-ci à leur tour modifieront la forme de leurs voisines, et ainsi, de proche en proche, tout le liquide acquerra une polarité qu'il n'avait pas auparavant. Cette polarisation d'un liquide (c'est la même chose pour un solide) est donc, dans notre théorie, une conséquence essentielle de la modification de forme des molécules sous l'action de forces extérieures suffisantes. Elle se produit sur le coup par la simple présence de la cause, et cesse du coup avec l'enlèvement de cette cause. On est ainsi débarrassé de ces polarités préexistantes purement gratuites dans les molécules, ainsi que de ces rotations de molécules, lorsque la polarisation finit par donner lieu à des décompositions et recompositions successives, comme cela se présente sous l'influence des pôles d'une pile galvanique.

Qui n'entrevoit aussi, dans cette théorie, une explication très simple et toute naturelle de la polarisation lumineuse du passage de la réfraction simple à la réfraction double, etc., résultats de toutes les causes capables de produire une modification dans la forme des molécules (telles que l'électricité, le magnétisme, la chaleur, la pression, etc.) ?

Un dernier fait. Tout le monde connaît la différence considérable d'énergie chimique résultant de ce qu'on appelle *l'état naissant*. Or c'est une conséquence immédiate de la théorie que j'expose. Qu'on me permette une comparaison. J'ai deux maisons construites en briques : l'une a exigé n briques et l'autre m. Je veux construire une troisième maison avec les matériaux des deux premières, c'est-à-dire avec les $n+m$ briques qui les constituent. Pour cela, il me faut d'abord *défaire* les deux premières maisons, afin d'en avoir les briques, puis *construire* la troisième. Celle-ci me coûtera nécessairement plus cher que si les briques eussent été toutes prêtes à employer, parce qu'il me faudra payer pour le travail de la *démolition*. Lorsque je veux faire de l'eau avec de l'oxygène et de l'hydrogène, j'ai là deux constructions toutes faites et qui exigent une force spéciale uniquement pour être brisées ou *démolies*. Mais si l'oxygène, par exemple, résulte d'une décomposition qui vient de se produire, on peut considérer les atomes qui sortent de la combinaison et qui doivent former l'oxygène, comme des matériaux qui sans doute, si on leur en donne le temps, se grouperont sous forme d'oxygène, mais qui, en attendant, sont une *matière première* qui n'est pas plus de l'oxigène qu'un autre corps : ce sont des atomes actuellement désagrégés et qui n'ont plus qu'à être employés dans une autre combinaison. On comprend donc qu'il suffit d'une force bien moindre pour faire entrer ces atomes dans une combinaison nouvelle que si on attend qu'ils aient eu le temps d'obéir à leurs actions mutuelles et de se constituer en oxygène.

Ces considérations pourraient s'étendre presque indéfiniment, puisqu'elles sont l'explication la plus naturelle des faits. Ce qui précède suffit amplement pour appuyer cette théorie et permettre de lui appliquer le mot italien : *Si non è vero, è ben trovato*, ce que je traduirai en disant que, si cette théorie n'est pas vraie, elle mérite bien de l'être.